

自動化した大学間高精細遠隔講義システムの構築と5年間の運用での課題

櫻田 武嗣^{†1} 萩原 洋一^{†1}

^{†1} 東京農工大学

我々は全国の国立大学法人の連合農学研究科を結ぶシステムとして、HD (High-Definition) の遠隔講義システムを構築し、2009年から運用を開始した。本システムはネットワークを用いて遠隔制御を行うことで自動化を行い、あらかじめ予約をするだけで全国の大学を結んで遠隔講義が可能である。これまで遠隔講義やテレビ会議を利用してこなかった方々にも利用が進んでおり、すでに運用は5年を経過している。本論文ではシステムの自動化にあたって考慮した点や実際の構築について述べるだけでなく、複数組織にまたがったシステムの構築、運用を行う中で得たさまざまな知見について述べる。今後は機器だけでなくネットワークに関してもマニュアル等に記載していないノウハウなどの情報を含めて集積し、運用をよりスムーズにしていく必要がある。

1. はじめに

近年大学間や地域間連携の流れが進み、複数の教育施設を結んで遠隔講義が行われてきている。東京農工大学(以下、本学と記す)でも遠隔講義を行っており、農学系の大学院である連合農学研究科が設置されているすべての国立大学法人18校を結び遠隔で集中講義を行っている。以前はSCS (Space Collaboration System) [1]を利用していましたが、SCSは衛星通信を利用するため、天候に左右されて通信が安定しないことがあった。また導入から10年以上が経過しており、機器が故障するなど遠隔講義を続けていくことが難しい状況になっていた。一方で情報通信のためのネットワークの広帯域化が進み、このネットワークを利用して映像や音声を配信することで遠隔講義を行うことも可能となった。またSCSでは従来のアナログテレビ程度の品質の画質や音声(画像: H.261, 音声: G.722)であったため、資料等をより鮮明に提示しながら講義を行いたいという意見が寄せられていた。従来のアナログテレビ品質は、PCでよく利用されているXGAの解像度よりも低く、PCの画面をそのままの品質で送ることができないものであった。そこで我々は、多地点をHigh-Definition (以後HDと記す)品質の高精細映像で結ぶ遠隔講義システム(以下、本システムと記す)を導入することとし、設計、構築を行い2009年から運用を開始した。SCSに代わる新しいシステムを目指し設計を開始したが、構築途中でSCSの運用停止が発表

され、結果的に本システムが遠隔講義を続けていく上で必須のものとなった。現時点で設計時に運用期間の日安としていた5年を超えて運用を続けている。本論文では全国規模での高精細多地点遠隔講義システムの設計・構築と、この5年間の運用と得られた知見について述べる。

2. システムの設計と構築

2.1 これまでの課題や問題点

連合農学研究科の講義では、写真、地図、動画等の資料を利用して説明が行われることが多い。資料をリアルタイムに説明するためだけでなく、学生の反応を見るためにも高品位映像の伝送が望まれていた。

高品位映像を利用する定常的な遠隔講義システムに北陸地区双方向遠隔授業システム[2],[3],[4]がある。しかし高品位映像の伝送は一般的なテレビ会議システムと互換性がなく、システム自体が高価であった。

我々も2006年から宇都宮大学、茨城大学との間でPCを利用してデジタルビデオを伝送するDVTS (Digital Video Transport System) [5]を用いた遠隔講義の実験を行っていた[6]。DVTSはデジタルビデオを圧縮せずにそのまま伝送するため遅延が少ないのが特徴であるが、フルフレームで伝送した場合に25Mbpsの帯域を使用する。このため各大学内で空いているネットワーク帯域が狭い場合には利用できなかった。またDVTS自体の送受信を開始する操作はできても、PCへカメラやモニター、スピーカ

等のAV機器を接続するところで手間取っている様子がかがえた。

一般的なテレビ会議システムでもHD品質に対応した機器が出始めたこともあり、これを利用して遠隔講義システムの構築を計画した。しかしこれだけでは映像品質は問題ないが、運用時の問題がある。これまでテレビ会議システムが導入される場合の多くはテレビ会議端末だけの購入となってしまうため、接続されるAV機器を含めたすべての機器操作に習熟した人が各拠点が必要であった。遠隔講義の開始時刻前に、関連する多くの機器の起動とテレビ会議の接続設定を行う必要があり、操作が面倒そうであるという理由から、本学においてもテレビ会議端末だけを購入した例では、残念ながら利用の拡大にはつながらなかった。

2.2 システムの要件

新しいシステムではこれまでSCSで行われてきたときと同じように遠隔講義ができるだけでなく、安定した接続が可能で、システムの操作が簡易であることが求められた。各拠点に機器操作に習熟した人を配置しなくても講義が可能であることが必要だった。

最低限これまでの遠隔講義と同じ講義を行うためには連合農学研究科構成大学のすべての国立大学法人18校(帯広畜産大学, 弘前大学, 岩手大学, 山形大学, 茨城大学, 宇都宮大学, 東京農工大学, 岐阜大学, 静岡大学, 鳥取大学, 島根大学, 山口大学, 愛媛大学, 香川大学, 高知

大学, 佐賀大学, 鹿児島大学, 琉球大学)(図1)を結ぶ必要があった。

また講義では一方的な配信ではなく、随時質問を受けたい、講義に遠隔地の学生同士のディスカッションを取り入れたいという要望があったため、双方向にする必要があった。SCSでは送信できる局が限られており、拠点が増えると自由な双方向コミュニケーションができなかった。

新しいシステムを設計するにあたり複数のSCS利用者から意見を聞き取ったところ、SCSでは機器操作が煩雑で分かりにくい、1週間前までに予約する必要があるためすぐ使えないのが不便という意見が多かった。また遠隔講義を受けている学生同士でのディスカッションを講義内に取り入れたいという意見もあった。さらに各拠点の利用者の多くが農学系を専門としており、機器操作に苦手意識を持っている人が少なくないことも分かった。

そのため本システムでは、機器操作をできるだけ簡単にする、通常の対面講義と同程度の準備で遠隔講義ができるように機器の設定や移動をできるだけなくす、簡単な予約で利用できるようにする必要があった。

また本システムは、地域連携や国際交流などで導入校以外と遠隔会議や講義を行うことが考えられるため、拡張性があり独自の規格ではなく業界標準に準拠した機器の利用が必要だった。

予算が潤沢にはないため、設計当初は少なくとも4~5年は使用することを前提とした。



図1 遠隔講義システム初期導入校

2.3 設計と機器選定・構築

テレビ会議システムをベースとした場合、テレビ会議専用端末を用いるかWebブラウザなどを利用したソフトウェア型を用いるかの大きく2つに分けられる。

ソフトウェア型の場合には汎用のPCを利用するため、講義室用に設置される映像・音声機器と接続してそれらの機器を制御するためには別途インターフェースを追加し、その部分のシステムを構築しなくてはならない。テレビ会議専用端末の場合には映像・音声機器との接続を前提としているため、接続のためのインターフェースが内蔵されておりそのまま接続することが可能である。またテレビ会議専用端末の場合にはイーサネットやシリアル接続により外部から機器の設定や制御が可能であるため自動化がしやすい。したがって本システムではテレビ会議専用端末を用いる方式を採用した。システム構成機器を図2に示す。

講義で使用する資料などを高品質で遠隔地で見せる

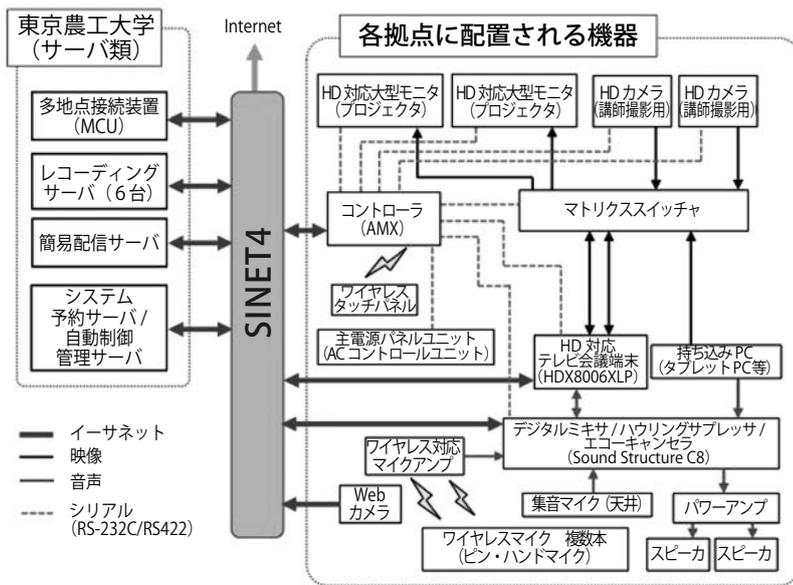


図2 システム構成機器

必要があるためHD品質の映像にも対応し、同時にPC映像を高品質で伝送できるようにする必要がある。当時これらの要件を満たしたテレビ会議端末をメーカーが開発中（後の製品名Polycom HDX-8006XLP, SONY PCS-XG80）であったため、システム設計をするために開発中の評価機を借りてテストを行った。導入時期にSONYは製品化が間に合わなかったため、初期構築ではHDX-8006XLPを採用した。この端末はSD（従来のテレビ品質）、HD品質で他社製品混在の通信が可能で、映像は720p/60fps, 1,080p/30fps, 音声はステレオ22kHzにも対応し、RS-232Cなどを利用して外部から機器設定や呼制御等が可能である。

また初期段階から18大学23拠点の接続を想定していたため、多地点接続装置（Multipoint Control Unit, 以下MCUと記す）が必要である。通常テレビ会議端末に内蔵可能なものは自局を含めて4～6拠点である。これでは同時接続可能数が不足するため、MCU（ポリコム社製RMX2000-MPM+160, HD対応テレビ会議端末40台, 通常CIF解像度160端末まで同時接続可能）を導入した。将来さらに接続可能な拠点数が必要な場合にはMCUを追加導入し、カスケード接続等により接続拠点数を増やすこととした。

本システムのような遠隔講義システムを導入する場合、MCU本体とテレビ会議端末だけを購入するだけで終わることが多い。単体導入の場合、毎回機器の操作をしてテレビ会議を接続しなくてはならず、機器操作が難しい。加えて講義スタイルは一般的な会議スタイルではないため、講師側、受講側が替わるたびにカメラ、モニタの配置や機器設定を変更しなくてはならず、手間がかか

ってしまう。また前の使用者が設定を変更してしまうと、次の利用者以降が混乱するということがよく見られる。そのためテレビ会議システムが活用されなくなる例が少なくなかった。

そこで本システムではまずさまざまな利用スタイルに対応するためにカメラを前方、後方に計2台設置した。講義室などでは、机や椅子が床に固定されていて向きが変えられないことがあるが、カメラが2台あることで教室の前後から撮影できる。先生が講義を行うときと受講者が質問等を行うときは、同じカメラをパン操作するのではなく先生と受講者を撮っているカメラを切り替えることで操作を簡単にできる。

また大教室では普段自己拡声のため教室内でハンドマイクやピンマイクを使用する。同じように遠隔講義でもマイクを使用すると、ハウリングだけでなく、相手先のスピーカに出た自分の音声相手側のマイクで拾われて自分へ戻ってくるエコーが起きてしまう（図3）。教室内でのマイクとスピーカで起こるハウリングは、アレイスピーカを適切に配置し、向きを調節し、ハウリングサプレッサを導入することで同じ部屋の中で音声がループしてしまうことをある程度抑えることができるが、これだけで回り込みを完全に押さえ込むのは難しい。そこで音声のエコーやハウリングが起きにくくするため、各拠点にPolycom Sound Structureを導入した。この機器はエコーキャンセラやハウリングの抑制だけでなく、入力ソースのミキシング等の設定変更や機器の状態監視を遠隔地から行うことができる。

使用するテレビ会議端末はカメラ映像とPCの画像の2画面を送出した場合、PCの画像は15fps程度の送出となり、PC上でビデオ映像を流した場合にスムーズに表示されない。そこでマトリクススイッチャとフレームシンクロナイザを組み合わせることでPC映像をカメラ映像としてテレビ会議端末へ入力する仕組みを設けた。これによりPC画面でビデオ映像を流したい際に入力を切り替えることで、スムーズにPC映像を表示させることができるようにした。

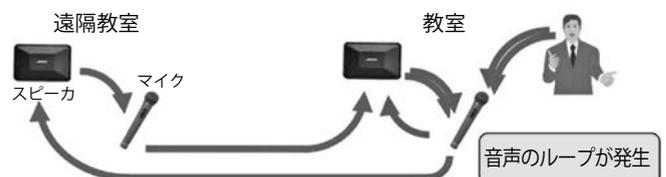


図3 エコーやハウリングの発生

さらに操作を簡易にするための仕組みとして、無線式タッチパネルを利用し、後述の予約システムと連動させて機器操作の自動化を行うこととした。通常テレビ会議システムを使うためには、テレビ会議システムだけでなく、モニターやマイク、アンプやスイッチャなどの各機器のボタンやリモコンを操作し、機器間の連携を意識しながら機器の入力設定等を適切に合わせる必要がある。各機器のリモコンにはボタンが数十もあり、操作に慣れていなければ使いこなすのは難しい。またテレビ会議システムの利用中に不用意にリモコンのボタンを押してしまい、意図せず会議の通信が切断されたり、機器の設定が変わったり、音声ミュートがかかったりするなどのトラブルが発生しがちである。特にある利用者が機器設定を変えてしまった場合には、次以降の利用者が機器の設定に精通していなければ、機器の設定を元に戻して使用するの難しい。

そこで本システムではテレビ会議システム端末付属のリモコンは使用させず、その代わりに無線式のタッチパネルでテレビ会議端末やカメラ、AV機器（プロジェクタや大型モニター、音声アンプ、マトリックススイッチャなど）を同時にコントロールすることにした。この実現にはPCにタッチパネルを接続した構成が簡単で実際にいくつかの会社からの提案もあったが、PCを長期間電源を投入したままとした場合の安定性や故障した際の復旧が簡単である点などから組込み機器を採用した。組込み機器は長期間ハードウェアやファームウェア・OS等のサポートがあり、本システムで5年間の使用を想定していたが、その期間内に機器等の更新なく使用できることも組込み機器を採用した理由である。

実際にはコントローラにはAMX社製のNI-3100コントローラを利用しEthernet経由でコントロール可能とした。コントローラの死活監視にはping等による監視のほかにAMX社メッシュネットワークの仕組みも利用した。

映像・音声機器は各大学の各部屋によって部屋の形態や大きさが異なるため、各大学で用意した。またこれらの映像・音声機器は遠隔講義を使用しないときにも単なるプロジェクタ（大型モニター）やマイクとして使うこともあるため、タッチパネルではそれらだけの使用も可能とするメニューを設けた。

大学間を結ぶバックボーンとなるネットワークには、各大学がすでに接続している日本の学術情報ネットワークであるSINET4（構築当初はSINET3）[7]を用いた。SINET4はインターネットにも接続されている

ため、本システム以外のテレビ会議システムとはインターネット経由で接続が可能である。既存のSINET4の接続の回線帯域が狭く、回線品質が安定しない大学には新たにBフレッツを引き込みSINET4へ接続した。

MCUのリソースを適切に管理するため、予約システムの構築も行った。通常の予約システムでは単にMCU内に仮想会議室を作成し、各拠点へMCU側からコールするだけである。そのため予約時間までに各拠点のシステムの起動が完了していることが必要である。したがって各拠点にはシステムの起動操作をする人が必要となってしまう。そこで本システムでは予約の入っている拠点の遠隔講義システムを予約時間に合わせて自動的に立ち上げ、その後MCUから自動で接続するようにした。図4に示すように利用者はWebから接続したい拠点と時間を選んでおくだけで拠点の機器操作は必要ない。開催時刻にはテレビ会議システムはすでに接続された状態になっているため、利用者は拠点に行くだけで遠隔講義をすぐにスタートできる。また予約終了時間になればシステムはテレビ会議を切断し、各拠点のシステムをシャットダウンする。これにより機器操作に詳しくなくても遠隔講義が可能である。自動化した場合、講義や会議に熱中していて時間の経過を忘れてしまい、予約終了時間が来て話の途中であるにもかかわらずシステムがシャットダウンしてしまうことが起こり得る。本システムでは、予約終了時刻約10分前近くになると自動アナウンスを流し、予約時間終了が近いことを利用者に知らせる。予約時間は次に予約が入っていなければタッチパネルから予約延長ボタンを押すことにより10分ずつの延長を可能とした。

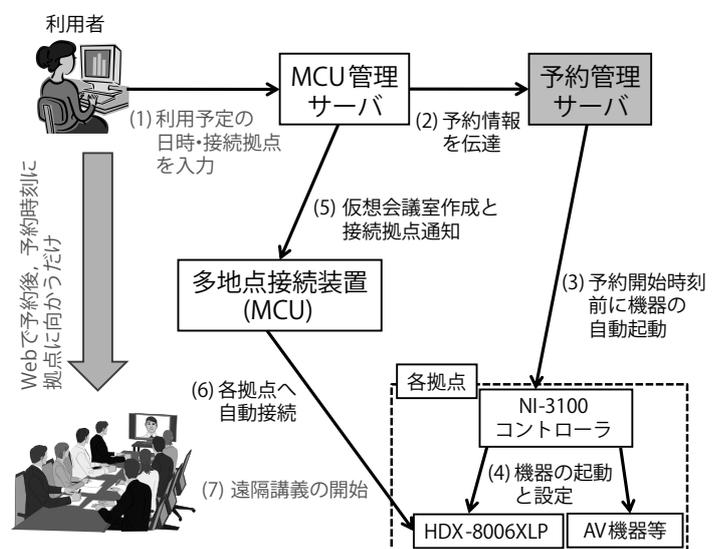


図4 システムの自動化

3. 構築・運用開始時の問題点と改良

構築、運用時ではさまざまな問題が起こり、その解決のために改良等を行った。それらについて述べる。

(1) ネットワークの初期設定に関する問題

構築初期段階では、ネットワークの配線ミスや機器設定ミスにより正常に接続できない問題が多かった。具体的な例では、ファイアウォールのポート開放設定が完全にはされていなかったり、Cisco製PIXファイアウォールのバージョンが古くH.239の通信が落とされてしまう問題があったり、大学内部でAMX NI-3100システムコントローラ制御に使うポートがネットワーク監視に使われており、利用が制限されていたため自動制御ができなかったりした。これらは各大学の担当者に原因調査に協力してもらい、都度それぞれの大学のネットワーク運用方針に合う形で回避策を考えつつ対策を行った。

またテレビ会議の通信が一定時間経過すると流れなくなってしまう大学があったが、これはファイアウォールのセッション維持時間がデフォルト値7,200秒や3,600秒となっているためであった。これは事前に長時間のテストを何度も行って切断される時間を確認し、各大学へ使用している機器の情報の聞き取りに行きセッション維持時間を洗い出し、再度該当大学へ連絡し、設定を確認して修正してもらうことで解決した。

(2) 機器のバグに起因する問題

本システム構築時は、使用したテレビ会議製品が一般に発売される前であったため、設定が悪いのか機器のバグ出しができていないかの切り分けが難しかった。構築中にはMCUのメイン基板などを改良版と交換するなどして対処することもあった。

(3) 自動起動しない問題

運用を開始してみるとさまざまな問題が出てきた。まず大型の休みになるといくつかの大学では設置してある建物自体の主幹ブレーカを節電のためなどの理由で落とすところがあった。このため休み明けに遠隔講義のために自動的に電源を入れようとしても建物に電気が来ていないために自動化がうまく機能しないことがあった。

各大学でどのように建物を管理するかというところまで踏み込むことは難しいため、ブレーカを入れ直してもらった後にタッチパネルで再接続を行ってもらえば、自動的に遠隔講義に復帰できる仕組みを作った(図5)。具体的な操作は、システムの電源が入った後にタッチパネル上から「予約確認」のボタンを押すとシステム側で予約を確認し、再接続すべき情報があれば画面上に「再接

続」のボタンを表示するので利用者はそれを押すことで遠隔講義に参加できる。

この仕組みはネットワークが切断されたり、途中で機器の電源が落ちたりした場合など、予期せぬ事態が発生した場合にも利用でき、システムの電源を入れ直し、タッチパネルから同様の操作を行うことで遠隔講義の再開を行うことができる。

(4) 機器の起動時間に関する問題

機器の電源を入れた後に利用できるようになるまでの時間にズレが生じる機器がある。特にPolycom Sound Structureは機器の電源を入れてから2～3分ほど起動に時間がかかる。その点は事前に説明はしていたが、多少の混乱が見受けられたため、タッチパネルにプログレスバーを入れてシステムの起動状況を見えるようにするなど細かな改良を日々行っている。

(5) 各大学内のネットワーク構成変更に伴う問題

構築、運用開始当初はさまざまな問題が出てくるのは予想していたが、安定的に運用をはじめてからも問題が出てくることがあった。主に各大学で行われるネットワーク機器のリプレースや設置場所の変更に伴う影響である。機器のIPアドレスの変更やそれに伴うファイアウォールのポート開放の設定が引き継がれていないことが原因であることが多かった。

各大学内ではキャンパスネットワーク変更等の案内はされているはずであるが、他大学には連絡が基本的に来ないため本システムに影響があるかないかを判断することも難しい。

各大学のネットワーク構成の変更によりシステムコントローラのメッシュネットワークが途切れてしまいメッシュネットワーク内のバックアップ経路に迂回しての接続となる場合も出てきた。1つの大学で変更があるたびに

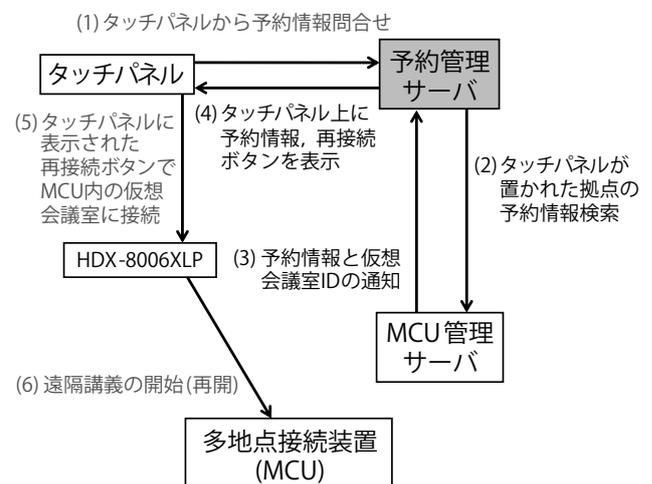


図5 再接続の仕組み

全拠点のチェックをするのは難しいため、年に1回程度確認を行い、各大学へ設定の変更などをお願いしている。

ネットワークなどは各大学それぞれで運用しており、本システムでは管理できないため、システムの動作がおかしいと感じたときにどのように切り分けを行うのかという点が難しい。特に農学系の利用者が中心でありネットワークや機器構成に詳しいわけではなく、接続しているどちらの拠点で異常があるのかという点を見極めることが困難である。各大学の情報基盤センター等に問い合わせても各大学内だけで解決できる問題ではないため、どのように連携しながらスムーズに解決していくかが今後の課題である。

4. 遠隔保守と講義の立ち会い

連合農学研究科は複数の大学で構成される大学院であり、本システム導入後は日常的に離れた大学と講義や会議が行われている。通常、各大学で使用するシステムは各大学がメンテナンスをするが、本システムは各大学を結ぶシステムであるため全体として機能するようにしておく必要がある。しかしながらどこかの大学が他の大学の機器もメンテナンスし続けることは予算や人的リソース的に難しいため、大学共同で保守契約を結んでいる。この保守契約には年2回分の集中講義の立ち会いも含まれている。本システムは遠隔から機器の操作や状態監視が可能であるため、これを利用して保守契約を結んだ業者に毎日遠隔から機器状態のチェックを行ってもらっている。機器に異常が見られる場合には、保守契約会社から電話が入り、各大学の人が対応し、それでも駄目であれば修理の手配をする。これまでの対応で多いものは「無線式タッチパネルが充電器に置かれておらず、電池が空になっている」ことが多く、まれにテレビ会議端末が壊れたり、システムがフリーズしてしまったのでラック全体をリセットするボタンを押したりということがあった。遠隔監視で最初の切り分けがある程度できるため、その後の対応が比較的早く行われている。

連合農学研究科では、6月と11月に全大学を結び、数日間連続で遠隔講義を行う。1コマごとに別の大学の先生が講義を行う形となっており、連合農学研究科にとって中心的な講義群である。機器の操作はタッチパネルで簡単になったとはいえ、講義する大学が入れ替わるのでカメラ操作や講師のPC画面の送出などに手間取る場合がある。18校の大学間のスケジュール調整も難しいため、限られた時間で確実に講義を行いたいという要望が

ある。そこでこれらの重要な講義だけは、遠隔講義への立ち会いを業者に依頼している。この遠隔講義の立ち会いでは主に2カ所に人を配置してもらう。まず1カ所目は本学に派遣されるグループで、本学に設置されているMCUや予約サーバ、録画サーバなどを実際の講義映像を見ながら監視してもらう。同時に各大学の機器を遠隔監視してもらい、万が一通信が切れた場合などは、遠隔から再接続などの操作をしてもらう。また本システムで導入した収録機器でこれらの講義を録画し、DVD等にして終了後にとりまとめの大学へ提出してもらう。2カ所目は、全体の進行役の大学への派遣である。これらの講義群の幹事は毎回持ち回りで、その幹事となった大学が全体の進行役を務めている。この大学へ連絡調整員として1名派遣してもらっている。この連絡調整員の役目は、事前テストの仕切り、トラブルが発生した場合に全体の進行調整を幹事校と協議して即座に対策を決めるなどである。

遠隔講義を行っていて、これまでで一番多いトラブルは、ファイアウォール等の設定が変更されてしまっており、通信開始から一定時間経過後に通信ができなくなってしまうものである。根本的には各大学へファイアウォール機器の設定の修正をお願いするが、間に合わないことが多い。その場合には事象が発生している大学については講義の休憩中や一息ついたところで、講義立ち会いで本学に派遣されたグループが遠隔から一度切断し、すぐに再接続をすることで講義中に事象が発生して途切れることができるだけなくなるようにしている。

本システムの問題ではないが、2009年の集中講義ではSINETの一部地域で障害が起り、対象地域の大学がネットワークに接続すらできなくなってしまうということが起きた。最初はSINETの障害が分からず、該当する大学へ再接続を繰り返していたが、しばらくしてSINET障害と判明し、すぐには解決しないと判断し、このときは講義を収録していたDVDに影響を受けた大学へ送り、後日講義を見てもらい、メールやレポートで質疑等を行うという形式がとられた。これは事前にシステムが利用できない場合にはどのような処置をするかの取り決めをしていたことと、連絡調整員が状況を整理して幹事校に説明したことで、この決断は比較的早い段階でスムーズに行われた。

またMCUの故障は全体に影響するが、各拠点のテレビ会議端末に同時に4拠点接続可能な小型MCUを内蔵させており、最悪の場合はそれらをカスケード接続していくことでMCUの代わりに多くの拠点の接続を可能

としている。またMCUを所有している他の大学とMCUのリソースの相互利用を行う協力体制を作った。故障時に他の大学のMCUのリソースを一時的に借りて講義を行うことができる。MCUが故障した場合の操作は通常よりも複雑であるため、遠隔から保守対応業者に行ってもらふことになる。これまで本学では幸いにもMCUの故障がないが、他の大学においてMCUが故障したり、イベント等で一時的にMCUのリソースが足りなくなったりしたことがあり、本学のMCUのリソースを一部貸し出した実績がある。

その他の工夫として、簡単ではあるが利用者教育を保守業者協力の下で毎年行っている。システムが自動化されたといってもタッチパネルでカメラを選択したり、入力映像ソースを選択したりする必要はある。各大学の担当者、特に事務担当者は数年で定期的に入れ替わってしまうことを考慮し、10～20分という短い時間ではあるが、本システムを使って毎年1回利用方法の説明を行っている。1度でもタッチパネルの説明を受け、操作を行うと不安が少なくなって利用しやすいとの意見が寄せられている。

5. システムの運用と利用状況

本システムは2009年2月～2014年1月末まで予約により約2,680回使用されている。このうち約300回はシステムテストや利用講習のための予約でそれらを除いた予約数の推移を図6に示す。これらのほかに予約システムを経由しないで他のテレビ会議システムと直接接続して多数利用されている。大学は週末、夏期休業、年末年始などが休みであるので、それらを除くと1日2回以上講義や会議で使用されている計算となる。傾向としては、定期的に行われる会議や講義の利用が増えてきている。

構築時に何度かテストした結果、その当時ネットワークの利用可能帯域が少ない大学があり、安定した接続でHD映像を送出できるのが1,024kbpsであったことから、それを1拠点あたりのネットワークの予約帯域のデフォルト値とした。現在では帯域を1,920kbpsに設定しても高品位に安定して接続が可能であるが、設定をデフォルトのまま予約することが多く、1,024kbpsで予約されたのが約90%、1,920kbpsが7%残りは768kbpsであった。

予約の延長であるが予約時間延長ボタンは運用を開始した当初は利用されていたが、予約時間終了前の自動アナウンスが流れたら講義や会議のまとめに入ることが多く、徐々に利用が減っており現在ではほとんど利用されていない。遠隔会議・講義の平均開催時間は約2時間56

分であるのに対し、予約時間は約3時間05分であった。余裕を持った時間で予約をする傾向がある。会議として予約されている場合には、長時間で予約しておき、会議終了時にタッチパネルからシステム終了を選んでおり、予約終了時間がくる前にシステムをシャットダウンしていることがログから分かった。また多くの拠点を結ぶ遠隔講義の場合には、事前に機材チェックや担当者間の打合せの予約が入っていることが多い。

1つの遠隔講義、会議あたりの同時接続拠点数は、平均4.2拠点で、最大24拠点であった。本システムで導入した拠点以外にも、H.323などに準拠した端末からも遠隔講義、会議に参加でき、実際に利用されているが、前述の同時接続拠点数にはこれらの数はカウントしていない。このため実際の同時接続拠点数はこれよりも多くなる。当初の想定よりも本システムを多く利用することになったため、他の用途でも利用する共用の部屋ではなく、本システムの利用をメインとした別の部屋を用意してシステムをその部屋へ移設する大学がいくつかあった。また他大学で3拠点の増設、本学では約20拠点を増設した。本学の増設ではPolycom HDX8006XLPの代わりにSony PCS-XG80を利用した拠点も設け、Polycom以外のメーカーを利用する環境の実験も開始した。

頻繁に利用されるようになり、主に使い勝手に関する意見が出てきたので、それらの意見を元にユーザーインタフェースの改良などシステムの細かな見直しを現在も行っている。

連合農学研究科は複数の大学で構成される大学院であり、ゼミや事務的な打合せ等は学生や教職員が実際に集まって開催されていた。このため移動費用や移動時間の負担が大きなものとなっており、特に学生に大きな負担となっていた。本システム導入後は、ゼミや打合せ等も本システムで多く行われるようになり、大学院の博士論文審査等でも利用されている。また遠隔地の受験生の場合は近くの大学から本システム経由で一次面接を受けることが可能であり、いくつかの大学で実施されている。

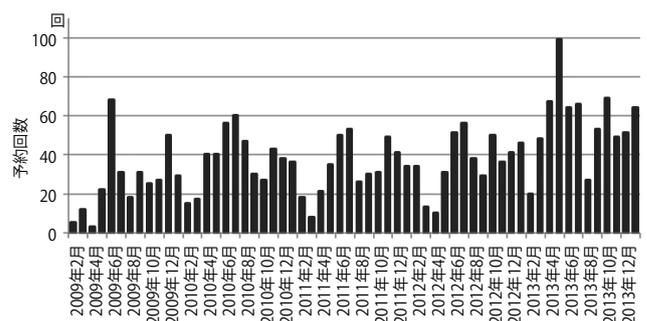


図6 予約システムを利用した遠隔講義・会議数

講義を行っている先生からは、双方向であることにより各拠点で受講している学生の映像が見えるので、問いかけをした際の反応が見えるのが良いという意見や遠隔地の学生からは講義最中にディスカッションを行うことができたのが面白いなどという意見があった。集中講義などの受講生は留学生が多く、講義の途中でも学生から質問や意見が出ている様子がよく見られる。

発声があった拠点は拠点の枠の色が変わるようになっているため識別ができるようにはなっているが、拠点数が多いため、運用を始めた頃はどこの拠点から質問をされているか先生も学生も即座には分からないことが多く、多少混乱が見られた。発言の前に学校名やキャンパス名を自然に名乗るようになってきており、現在では特に混乱は見られなくなっている。

特に各地の学生が集まる集中講義では、各地域ならではの質問や意見があるのが面白く参考になる、講義とは関係ないが東の地域では窓の外が暗くなっているけれども西の地域ではまだ明るいなど日本が東西に広いことが実感できるという意見が受講学生からも出ていた。集中講義のために泊まり込みで他の大学へ行く必要がなくなったことで、金銭的な負担だけでなく時間を有効に使えるようになって良かったという意見もあった。

さらに現在では隣接した教室を接続することで仮想的な大教室を作り出すなど、遠隔のためだけではない使い方が増えてきた(図7)。オープンキャンパスや新入生オリエンテーション、講演会など一時的に大人数を収容したいときに利用されている。運用は録画サーバの一部に故障が何度かあっただけで、それ以外には大きな問題はなかった。しかし、2013年の夏頃にAMXコントローラに対してDoS攻撃があり、タッチパネルの操作が一時不能になる事態が出たが、ファイアウォールの設定の見直しとAMXコントローラのファームウェアとプログラ



図7 近隣教室を接続した講義での利用

ム変更をした結果、その後影響は出ていない。

6. 今後の課題

本システムは2009年から運用を開始したシステムであるが、その当時HD映像の入力はアナログコンポーネントで行うことが多く、HDX-8006XLPもアナログコンポーネントの入力が主である。しかしながら現在はHDMI出力の機器が主流となってきているため、そのままでは本システムに入力できない。近年はPCもワイド画面のものが増え、PCの外部出力もSVGAやXGAだけでなくワイド画面で行いたいという要望が出始めている。今後はこれらのデジタル化や高解像度化の流れに対応していく必要がある。継続的に遠隔講義を行っていくためには、現在のシステムの運用と並行して機器の老朽化に対応するためのリプレースを考え始めていかなくてはならない。

前述の課題は物理的なものが多いため比較的考えやすいが、実は人的リソースの方の課題の方が大きい。構築や保守にかかわってくださっている方の定年が近く、マニュアル等に記載のないノウハウの継承をどうしていくかが問題である。本システムのようなテレビ会議システムを利用している場合、現象を観察し、機器自体の問題のほかにネットワーク等の問題を考慮して状況を判断する必要がある。システムを手軽に使用してもらえる反面、システムに精通している人が各拠点で常に利用しているわけではないため、遠隔地でトラブル等が起きた場合に原因の切り分けをどこまで行ってもらえるのか、どの程度までの簡単な操作なら行ってもらえるのかということを考えて運用に取り入れていくのが課題である。

7. 運用上の工夫

遠隔講義システムの利用者は、遠隔講義を行うことが主目的であり、システムを利用すること自体が目的ではない。したがってシステムを利用するための手順が複雑であれば利用してもらえないため、できるだけ自動化し、利用者の負担を減らす必要がある。

我々が行ったことは、技術的な点、それ以外の点に分けられる。どちらもスムーズに遠隔講義を行っていくには必要不可欠である。

技術的な点は、システムの自動化のほか、システムがうまく動かなかったり、故障したりした際のリカバリの仕組み(回線切断時の復旧やMCU故障時の代替方法)

の用意である。さらに遠隔監視、遠隔コントロールの仕組みを構築したことにより、サポートを遠隔からではあるがすぐに受けることが可能な点である。

また長期利用を考慮に入れ、組み込み機器等を利用した。これにより設計時の目標であった5年を過ぎた現在でも利用を継続できている。

技術的な点以外では手順や規約の作成が挙げられる。すべての仕組みを冗長化していけば機器故障などのリスクを減らすことが可能であるが、コスト面から難しい。そこで我々は機器故障やトラブルを想定し、それがすぐに解決しない場合どうするかという手順をあらかじめ作成してある。これにより前述のように回線トラブルが起きた際に、比較的速やかにその後の対応を行うことができた。またこのシステムはオープンなシステムであり、学術利用であれば今回導入した18大学以外との接続も可能であることを利用規約として明記した。これまでのシステム導入では、利用の規約がないことが多く、他のシステムと接続するときは誰かに判断を仰がないとできなかったため、手軽に利用してもらうことが難しかったが、この規約を最初から作っておくことでこのハードルを下げることで我々は考えた。規約があることで利用者自身が使用しても良い案件かを判断可能であり、実際に共同研究やシンポジウム等で多く利用されている。

そのほかには前述のように毎年1回以上このシステムを利用し、遠隔ではあるがシステムの利用説明会を開き、実際にシステムに触れて慣れてもらうことを行っている。

これら技術的な取り組みとそれ以外の取り組みの両方を行うことで、組織をまたいだ場合でもスムーズな遠隔講義を行うことが可能である。システムを構築し利用されていくためには、コスト面からもすべてが技術的に解決できるわけではないため、利用のシナリオ、規約等も技術的面と合わせて考えていくことが重要である。

今後考えていく必要がある点として、ネットワークや機器の問題などトラブルが起きたときにどうするか、また新しく拠点を増やすときの構築をどうやってスムーズに行うかなど、1組織での運営ではない環境でどのように連携をとっていくか、マニュアル等に載っていないノウハウの集積や同様の取り組みを行う際の標準的なモデルを作るなどがある。

8. おわりに

本論文は多地点を高精細映像で結ぶ遠隔講義システム

の設計、構築ならびに運用の状況について述べた。本論文で述べたシステムでは自動化とタッチパネルの導入等により、簡単に遠隔講義を開催することが可能である。北海道から沖縄までの国立大学法人を大規模にHD品質で結び、実運用を行う例は過去になく、徐々に接続拠点数が増え、大学間連携が進む中、獣医学科の大学院である連合獣医学研究科でも本システムに接続する形で大学間をまたいだ定常講義がはじまっている。さらに近接教室を結んで利用もされるなど本システムは幅広く使われている。

今後、さらに高精細な映像や音声に対応する機器が出てくるため、これらにいかに対応しながらシステムを入れ替えていくかを運用を継続しつつ考えていく必要がある。

謝辞 本システムの構築・運用にあたり各大学担当者の方々、(株)映像センターの方々にも多大なる協力いただきました。深く深謝いたします。

参考文献

- 1) 近藤喜美夫：衛星による大学間コラボレーションシステム(SCS)の開発と評価、NIME研究報告第18号、ISSN 1880-2192、メディア教育開発センター(2006)。
- 2) 田中一郎、堀井祐介、高島勝之：北陸地区双方向遠隔授業システム試行運用から見てきたこと、PCカンファレンス2006(2006)。
- 3) 長谷川忍：リアルタイム型遠隔講義におけるデザインパターン、システム技術分科会、サイエンティフィック・システム研究会(2007)。
- 4) 長谷川忍、但馬陽一、二ツ寺政友、安藤敏也：多様なメディアを利用した同期型遠隔講義環境の構築・実践、メディア教育研究、メディア教育開発センター、Vol.2, No.2, pp.79-91(2006)。
- 5) 杉浦一徳、小川晃通、中村 修、村井 純：民生用DVを用いたインターネットビデオ会議システム、情報処理、Vol.40, No.7, 通巻413号, pp.698-702, (一社)情報処理学会(1999)。
- 6) 櫻田武嗣、萩原洋一、古谷雅理、江木啓訓、寺田松昭：DVTSを用いた遠隔・近接多地点講義教室の構築と運用、マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム2006, pp.593-596, (一社)情報処理学会(2006)。
- 7) 学術情報ネットワークSINET: www.sinet.ad.jp/

櫻田 武嗣 (正会員) take-s@cc.tuat.ac.jp

1998年東京農工大学工学部電子情報工学科卒。2003年同大学院博士後期課程修了。2000年～2003年郵政省通信総合研究所研究員。工学博士。2003年より東京農工大学総合情報メディアセンター。現在、講師。対話型電子白板、遠隔会議、広帯域ネットワーク利用、システム自動化などの研究に従事。

萩原 洋一 (正会員) hagi@cc.tuat.ac.jp

1979年東京電機大学卒業、同年東京農工大学工学部数理情報工学科技官、1989年情報処理センター助手、1995年総合情報処理センター講師。現在、総合情報メディアセンター教授。工学博士。主として情報ネットワーク、情報システム運用技術、情報教育の教育と研究に従事。

投稿受付：2014年2月5日

採録決定：2014年11月7日

編集担当：戸辺義人(青山学院大学)